

PAT-NO: JP411179568A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11179568 A
TITLE: FRICTION/STIRRING-JOINING METHOD
PUBN-DATE: July 6, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MAKITA, SHINYA	N/A
HORI, HISASHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON LIGHT METAL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP09354487

APPL-DATE: December 24, 1997

INT-CL (IPC): B23K020/12, B23K020/24

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the friction/stirring-joining method of aluminum, aluminum alloy or other difficult-to-melt welding metal in which the opening of a joined line or generation of step between upper surfaces of members to be welded can be prevented when the permanent welding is achieved by the friction/ stirring-joining only by using a holding jig simple in structure and minimum in size without any large, exclusive and inexpensive holding device and defect- free and excellent quality of a welded part can be obtained.

SOLUTION: In this friction/stirring-joining method, a

joining line 5 of
members 4a, 4b to be joined is temporarily welded by the
fusion welding such as
MIG welding and TIG welding, or the friction stirring joining
prior to the
permanent friction/stirring-joining, the ratios of the width
W and the length L
of a temporarily welded part 6 to the diameter DPB of a
recessed bottom surface
2b of a probe 2 for the permanent friction/stirring-joining
are 26-90% and 2-5
times, respectively, and more preferably, and the parts from
a starting point
and a terminating point of the permanent
friction/stirring-joining to the
position of 200 mm are included in the temporarily welded
part.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開平11-179568

(43)公開日 平成11年(1999) 7月6日

(51)IntCl.[°]

識別記号

F I

B 2 3 K 20/12

B 2 3 K 20/12

D

20/24

20/24

// B 2 3 K 103: 10

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平9-354487

(22)出願日 平成9年(1997)12月24日

(71)出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72)発明者 牧田 慎也

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター
内

(72)発明者 堀 久司

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター
内

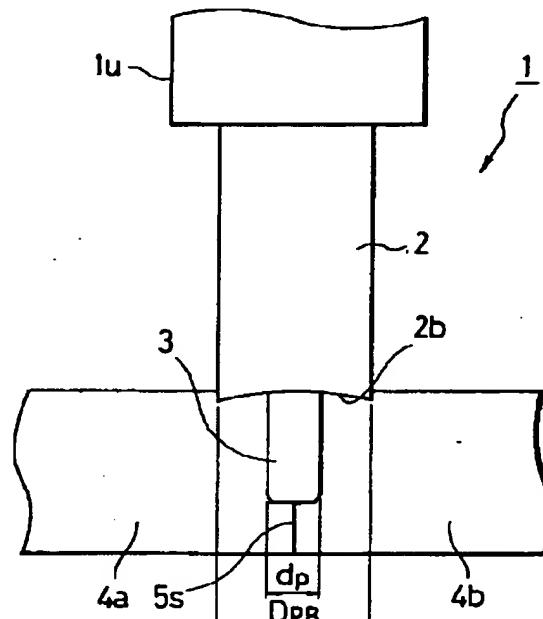
(74)代理人 弁理士 磯野 道造

(54)【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法

(57)【要約】

【課題】 大型、専用の高価な押さえ装置を必要とすることなく、簡易な最小限の大きさの押さえ治具の使用のみで、摩擦攪拌接合で本接合を行ったときの被接合ラインの開きや両被接合部材の上面間の段差の発生を防止し、欠陥のない良好な接合部品質が得られるアルミニウムやアルミニウム合金材その他難溶融溶接金属材の摩擦攪拌接合方法の提供を課題とする。

【解決手段】 本摩擦攪拌接合に先立って、被接合部材4a、4bの被接合ライン5を、MIG溶接やTIG溶接等の溶融溶接、又は摩擦攪拌接合により仮付けを行い、該仮付け部6の幅W及び長さLの本摩擦攪拌接合用プローブ2の凹面形底面2bの直径D_{pb}に対する比率を、各々26~90%と2~5倍となるようにすることを、さらに望ましくは本摩擦攪拌接合の始端と終端の各々から200mmまでの位置が仮付け部に含まれるようにすることを解決手段とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 凹面形底面と該底面中央部から下方に突出する攪拌ピンを備えたプローブの、前記攪拌ピンを被接合部材の突合わせ部の中に押し込み、前記凹面形底面を被接合部材の上面に押しつけながら、前記プローブを回転させつつ被接合ラインに沿って移動させることにより、前記被接合部材を接合する摩擦攪拌接合法において、

本摩擦攪拌接合に先立って、前記被接合部材の前記被接合ラインを仮付けしておくことを特徴とする摩擦攪拌接合法。

【請求項2】 前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けの方法が、溶融溶接もしくは摩擦攪拌接合であることを特徴とする請求項1に記載の摩擦攪拌接合法。

【請求項3】 仮付け部の幅が前記本摩擦攪拌接合に使用される前記プローブの凹面形底面の直径の26～90%となるように、かつ、仮付け部の個々の長さが前記本摩擦攪拌接合に使用される前記プローブの凹面形底面の直径の2～5倍となるように、前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けを行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の摩擦攪拌接合法。

【請求項4】 前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けを、少なくとも前記本摩擦攪拌接合の始端および終端の各々から200mmまでの距離の位置が仮付け部に含まれるように行うことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合法。

【請求項5】 前記被接合部材が、アルミニウムまたはアルミニウム合金製のものであることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属板材もしくは型材等の摩擦攪拌接合法に関し、簡易な押さえ治具を用いるのみで、摩擦攪拌接合時の被接合部材の被接合ラインの開きや上面の段差が生じるのを防止でき、接合困難、接合部品質不良等のトラブルを生じることのない摩擦攪拌接合法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、特表平7-505090号公報や特表平9-508073号公報に開示され、図1に示されるように、凹面形底面2bと該底面中央部から下方に突出する攪拌ピン3を備えた回転円筒体2と、動力源に接続される上部1uとを備えた非消耗型のプローブ1の、前記攪拌ピン3を被接合部材4a、4bの突合わせ部の中に押し込み、前記凹面形底面2bを被接合部材4a、4bの突合わせ部近傍の上面に押しつけながら、前記非消耗型のプローブ1を回転させつつ被接合ラインに沿って移動させることにより、前記被接合部材4a、4bを相互に接合する摩擦攪拌接合法は、接合部全体の

断面を通してボロシティーを生じない均質な接合により、冶金的および機械的特性の両面に関し高品質の接合が得られる方法として研究開発が進んでいる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の摩擦攪拌接合法には、以下に示すような問題があった。すなわち、

【0004】(1)摩擦攪拌接合中に、両被接合部材間の押圧不足に起因して、攪拌ピンの押し込みによる被接合面間の開きが発生し、前記被接合ラインに開きや両被接合部材の上面間の段差が生じることがある。

a) 被接合ラインに大きな開きが生じた場合は、両被接合部材間の良好な接合が期待できないため、摩擦攪拌接合が不可能になったり、困難になったりする。

b) 被接合ラインに両被接合部材の上面間の段差が生じた場合は、両被接合部材の上面に対するプローブの凹面型底面の均一、かつ、全面の接触が期待できなくなり、摩擦熱発生局所的不均一および発生摩擦熱量の不足が生じ、またバリが多く発生して充填メタルが不足し、トンネル状の接合部欠陥が発生する。段差が大きい場合には摩擦攪拌接合が不可能になったり、困難になったりする。

【0005】(2)上記の様な問題を避けるためには、上記のような被接合ラインの開きや両被接合部材の上面間の段差を生じるのを防止するための押さえ治具が必要となるが、被接合部材の寸法が大きくなるにつれて押さえ治具のセットや取外しに手間と時間が掛かる。被接合部材が大型、長尺の場合は専用の大型押さえ装置が必要となって、設備費が高くなるばかりでなく、被接合部材を大型押さえ装置にセットしたり、取外したりするのに、多くの労力や時間が必要となり、作業費も増大する。また、前記の押さえ治具や押さえ装置の効果は、通常の溶融溶接の場合と異なり、高い突合わせ精度を要求される摩擦攪拌接合の場合は必ずしも十分ではなかった。

【0006】本発明は、上記従来技術の有する問題点を解消し、小型の簡易な押さえ治具を使用するのみで、摩擦攪拌接合にて本接合を行うに際し、接合ラインの開きや両被接合部材の上面間の段差の発生がなく、良好な接合部品質が得られ、かつ作業能率の高い摩擦攪拌接合法の提供を課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために、凹面形底面と該底面中央部から下方に突出する攪拌ピンを備えたプローブの、前記攪拌ピンを被接合部材の突合わせ部の中に押し込み、前記凹面形底面を被接合部材の上面に押しつけながら、前記プローブを回転させつつ被接合ラインに沿って移動させることにより、前記被接合部材を接合する摩擦攪拌接合法を、本摩擦攪拌接合に先立って、前記被接合部材の前記被接合

ラインを仮付けしておくこと、により構成した。

【0008】なお、前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けの方法は、溶融溶接もしくは摩擦攪拌接合であることが好ましい。

【0009】さらに、仮付け部の幅が前記本摩擦攪拌接合に使用される前記アローブの凹面形底面の直径の26～90%となるように、かつ、仮付け部の個々の長さが前記本摩擦攪拌接合に使用される前記アローブの凹面形底面の直径の2～5倍となるように、前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けを行うことが望ましい。

【0010】さらに、前記被接合部材の前記被接合ラインの仮付けを、少なくとも前記本摩擦攪拌接合の始端および終端の各々から200mmまでの距離の位置が仮付け部に含まれるように行うことが望ましい。

【0011】以上のような摩擦攪拌接合方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金製の被接合部材の接合に好適である。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付の図面（前記図1および下記図2）と具体的な実施例を用いて以下に説明する。なお、図2は本発明の用語の説明のために、被接合部材4a、4bの被接合ライン5に沿って仮付けを行った場合の、仮付け部6の寸法（幅W、長さL）と仮付け部の中心間隔D、被接合部材4a、4bの一端（本摩擦攪拌接合の始端または終端）から最も近い仮付け部の外側端までの距離D₁等を示す平面図である。

【0013】なお、以下の実施例においては、下記のような共通の条件のもとに、実験をおこなった。すなわ

ち、被接合部材として用いた供試材は、JIS:H-4*30

仮付け方法	アローブ底面直径D _{FB} (mm)	攪拌ピン直径d _P (mm)	仮付け部長さL(mm)	仮付け部中心間隔D(mm)	仮付け部幅W(mm)	接合部品質(○:良)(×:不良)
TIG	—	—	50	200	20	×
	—	—	50	200	15	×
	—	—	50	200	11	○
	—	—	50	200	4	○
	—	—	50	200	3	×
MIG	—	—	50	200	20	×
	—	—	50	200	10	○
	—	—	50	200	5	○
	—	—	50	200	3	×
FSW	20	1.5	50	200	20	×
	14	1.5	50	200	14	○
	10	1.5	50	200	10	○
	3	1.5	50	200	3	×

【0017】上記表1に示す実験結果について説明すれば、以下のとおりである。

1) 仮付けをTIG溶接で行った場合、仮付け部の幅Wが20mm、15mmでは、FSWによる本接合時にバリが多く発生し、また仮付け部の幅Wが本接合用アローブの凹面型底面2bの直径D_{FB}=15mmよりも広い場合、接合部の幅方向外側に仮付け部が残ってしまった。※50

*100に定めるアルミニウム合金押出材「6N01-T5」の断面方形の中空押出材であり、板厚4mm、幅500mm、長さ2000mmのものをリブの外面同士をI形に突き合わせ・接触させて長手方向に摩擦攪拌接合したものである。また、本摩擦攪拌接合に用いた本接合用アローブは、図1に示す凹面形底面2bの直径D_{FB}が15mm、攪拌ピン3の直径d_Pが5mmのものである。さらに、仮付け方法としては溶融溶接としてのTIG溶接、MIG溶接と、摩擦攪拌接合(FSW=Fric tion stir welding、以後FSWと略称することがある)の3種の方法を用いた。

【0014】また、以下の実施例のなかで、実施例1～実施例3は、被接合ラインの本摩擦攪拌接合の始端および終端の各々から200mmまでの距離の位置が仮付け部に含まれるように仮付けを行ったが、実施例4においては、被接合ラインの本摩擦攪拌接合の始端および終端の各々から最も近い仮付け部の外側端までの距離を種々変えて仮付けを行った。

【0015】1. 実施例1

上記の共通条件で、仮付け部の長さL=50mm、仮付け部の中心間隔D=200mmに統一し、仮付け部の幅Wが本摩擦攪拌接合（以後、「本接合」と略称することがある）の接合部の品質に及ぼす影響を見るための実験を行い、その実験結果を表1に示した。なお、仮付けを摩擦攪拌接合で行った場合のアローブは、図1に示す凹面形底面2bの直径D_{FB}が20～3mm、攪拌ピン3の直径d_Pが1.5mmのものを使用した。

【0016】

【表1】

※仮付け部の幅Wが3mmでは、仮付け強度の不足のためか本接合中に仮付け部が割れてしまい、被接合ライン5の開きおよび段差が発生してしまった。仮付け部の幅Wが11mm、4mmの場合は本接合の際に何ら問題を生じることがなく、本接合後良好な接合部品質が得られている。

2) 仮付けをMIG溶接で行った場合も、前記TIG溶

接で行った場合と同様に、仮付け部の幅Wが10mm、5mmの場合は本接合時の問題はなく、接合部品質は良好であったが、仮付け部の幅Wが20mmと3mmの場合は、前記TIG溶接の場合と全く同じ問題を生じた。

3) FSWで仮付けを行った場合も、仮付け部の幅Wが14mm、10mmでは問題がなく良好な接合部が得られたが、20mm、3mmの場合は、それぞれ上記と同じような理由と内容で接合部に問題を生じた。

4) 以上の結果から、仮付け方法の種類に関係なく、仮付け部の幅Wが4～14mmの間では、すなわち、仮付け部の幅Wの本接合用プローブの凹面形底面2bの直径 $D_{PB}=15\text{mm}$ にたいする比率が26～90%の間では*

*良好な本接合が可能であるといえる。

【0018】2. 実施例2

前記の共通条件で、仮付け部の幅 $W=10\text{mm}$ 、仮付け部の中心間隔 $D=200\text{mm}$ に統一し、仮付け部の長さLが本摩擦攪拌接合部の品質に及ぼす影響を見るための実験を行い、その実験結果を表2に示した。なお、仮付けを摩擦攪拌接合で行った場合のプローブは、図1に示す凹面形底面2bの直径 D_{PB} が10mm、攪拌ピン3の直径 d_P が1.5mmのものを使用した。

【0019】

【表2】

仮付け方法	プローブ底面直径 $D_{PB}(\text{mm})$	攪拌ピン直径 $d_P(\text{mm})$	仮付け部長さL(mm)	仮付け部中心間隔D(mm)	仮付け部幅W(mm)	接合部品質 (○:良) (×:不良)
TIG	—	—	20	200	10	×仮付け部割れ
	—	—	40	200	10	○
	—	—	60	200	10	○
	—	—	80	200	10	○
MIG	—	—	20	200	10	×仮付け部割れ
	—	—	30	200	10	○
	—	—	40	200	10	○
	—	—	50	200	10	○
FSW	10	1.5	20	200	10	×仮付け部割れ
	10	1.5	30	200	10	○
	10	1.5	50	200	10	○

【0020】上記表2に示す実験結果について説明すれば、以下のとおりである。

1) 仮付けをTIG溶接で行った場合、仮付け部の長さLが20mmでは、FSWによる本接合中に仮付け部が割れ、段差等が発生した。このためバリが多発し、該バリの多発に起因する充填メタル不足により接合部にトンネル状欠陥が発生した。しかし、仮付け部の長さLが40～80mmの間では良好な接合部が得られた。

2) 仮付け方法がMIG溶接およびFSWの場合も同様に、仮付け部の長さLが20mmでは、上記と同様の欠陥が発生したが、仮付け部の長さLが30～50mmの間では問題がなかった。

3) 以上から、仮付け方法の種類に関係なく、仮付け部の長さLが30mm以上であれば、すなわち、仮付け部の長さLの本接合用プローブの凹面形底面2bの直径 $D_{PB}=15\text{mm}$ にたいする比率が2倍以上であれば、良好な本接合が可能であるといえる。ただし、仮付け部の長*

※さLが必要以上に長くても無意味かつ無駄であるので、仮付け部の長さLは本接合用プローブの凹面形底面2bの直径 D_{PB} の2～5倍とすることが適切であると考えられる。

【0021】3. 実施例3

前記の共通条件で、仮付け部の幅Wを前記実施例1で良好な結果の得られた10～14mmとし、仮付け部の長さ $L=20\sim40\text{mm}$ 、仮付け部の中心間隔 $D=200\sim1970\text{mm}$ として実験を行い、仮付け部の中心間隔Dが本摩擦攪拌接合部の品質に及ぼす影響を見るための実験を行い、その実験結果を表3に示した。なお、仮付けを摩擦攪拌接合で行った場合のプローブは、図1に示す凹面形底面2bの直径 D_{PB} が10mmおよび14mm、攪拌ピン3の直径 d_P が1.5mmおよび5mmのものを使用した。

【0022】

【表3】

仮付け 方 法	プローブ 底面直径 D_{PB} (mm)	撹拌ピン 直径 d_p (mm)	仮付け 部長さ L (mm)	仮付け部 中心間隔 D (mm)	仮付け 部幅 W (mm)	接合部品質 (○:良) (×:不良)
TIG	—	—	20	200	10	×仮付け部割れ
	—	—	40	200	10	○
	—	—	40	490	10	○
	—	—	40	980	10	○
	—	—	40	1960	10	○
MIG	—	—	20	200	10	×仮付け部割れ
	—	—	40	200	10	○
	—	—	40	980	10	○
	—	—	40	1960	10	○
	—	—	40	1960	10	○
FSW	10	1.5	40	200	10	○
	10	5	20	200	10	×仮付け部割れ
	10	5	30	200	10	○
	10	5	30	985	10	○
	10	5	30	1970	10	○
	10	5	30	1970	10	○
	14	1.5	30	1970	14	○

【0023】上記表3に示す実験結果について説明すれば、以下のとおりである。すなわち、接合部品質不良が発生しているのは、実施例2で仮付け部割れ発生のために接合部品質不良となった仮付け部の長さ $L=20$ mm、すなわち仮付け部の長さ L が本接合用プローブの凹面形底面の直径 D_{PB} の2倍未満の場合だけである。従って、仮付け部の幅 W が適切な範囲、すなわち本接合用プローブの凹面形底面の直径 $D_{PB}=15$ mmに対する比率が26～90%の間にあり、かつ、仮付け部の長さ L が適切な範囲、すなわち本接合用プローブの凹面形底面の直径 $D_{PB}=15$ mmに対する比率が2～5倍の間にあれば、仮付け部中心間隔 D に関係なく、本摩擦撹拌接合部の品質は良好であり、従って、仮付け部中心間隔 D は本*

*摩擦撹拌接合部の品質に影響を及ぼさないと考えられる。

【0024】4. 実施例4

前記の共通の実験条件で、仮付け部の幅 W は前記実施例1で良好の結果の得られた10mmと14mm、仮付け部の長さ L は20mmと40mm、仮付け部の中心間隔 D は200mmの一定とし、本摩擦撹拌接合の始端および終端からそれぞれ最も近い仮付け部の外側端までの距離 D_1 を100～600mmの間で変化させて、該距離 D_1 の本摩擦撹拌接合部の品質に及ぼす影響を見るための実験を行い、その実験結果を表4に示した。

【0025】

【表4】

仮付け 方 法	プローブ 底面直径 D_{PB} (mm)	撹拌ピン 直径 d_p (mm)	仮付け 部長さ L (mm)	始・終端 ～仮付端 距離 D_1 (mm)	仮付け 部幅 W (mm)	接合部品質 (○:良) (×:不良)
TIG	—	—	40	100	10	○
	—	—	40	200	10	○
	—	—	40	400	10	×
	—	—	40	600	10	×
	—	—	40	600	10	×
MIG	—	—	20	200	10	×
	—	—	40	200	10	○
	—	—	20	300	10	×
	—	—	40	300	10	×
	—	—	20	400	10	×
	—	—	40	400	10	×
	—	—	40	400	10	×
FSW	10	5	40	200	10	○
	10	5	40	300	10	×
	14	1.5	40	200	14	○
	14	1.5	40	300	14	×
	14	1.5	40	300	14	×

【0026】上記表4に示す実験結果について説明すれば、以下のとおりである。

1) 仮付けをTIG溶接で行った場合、仮付け部の長さ L が前記実施例2で良好な結果の得られた40mmの場合は、中空押出型材の本摩擦撹拌接合の始端または終端の各々からそれぞれ最も近い仮付け部の外側端までの距離 D_1 が200mm以下の場合は、良好な接合部の品質※50

※が得られた。しかし、前記の距離 D_1 が300mm以上になると接合部の品質が良くない。

2) 仮付けをMIG溶接で行った場合、仮付け部の長さ L が前記実施例2で良好な結果の得られた40mmの場合は、前記の距離 D_1 が200mm以下の場合は、良好な接合部が得られたが、仮付け部の長さ L が20mmの場合または前記の距離 D_1 が300mm以上の場合は、接

合部の品質が良くない。

3) 仮付けをFSWで行った場合、仮付け部の幅 W が10mmの場合も14mmの場合も、前記の距離 D_1 が200mm以下の場合には良好な接合部が得られたが、前記の距離 D_1 が300mm以上になると接合部の品質が良くなかった。

4) 以上から、仮付け部の幅 W と仮付け部の長さ L が、それぞれ、前記実施例1と実施例2のそれぞれで得られた適切な範囲にあるかぎり、被接合部材の本摩擦攪拌接合の始端または終端の各々からそれぞれ最も近い仮付け部の外側端までの距離 D_1 が200mm以下とすることが適切であるといえる。

【0027】以上の実施例では、アルミニウム合金押出型材を供試材として使用し、I形突合わせ接合を行った例について述べたが、本発明の摩擦攪拌接合方法は、アルミニウムおよびアルミニウム合金の押出型材のI形突合わせ接合への適用に限られるものではない。例えば、チタニウムやチタニウム合金等の難溶融溶接材料で摩擦攪拌接合の適用の効果の大きい金属材料への適用、あるいは、板材のI形突合わせ継ぎ手（接合）や角継ぎ手（接合）等にも適用可能である。

【0028】

【発明の効果】本発明に係る摩擦攪拌接合方法によれば、以下のような優れた効果を奏する。すなわち、本摩擦攪拌接合に先立って、被接合部材の被接合ラインを、MIG溶接やTIG溶接等の溶融溶接もしくは摩擦攪拌接合（FSW）により仮付けしておき、該仮付け部の幅 W と長さ L を、それぞれ、本接合工程の摩擦攪拌接合に用いられるプロープの凹面形底面の直径 D_{PB} に対して、26～90%と2～5倍になるようにすれば、

(1) 本摩擦攪拌接合に際して、被接合部材への攪拌ピンの押し込みに起因する前記被接合ラインの開きや両被接合部材上面間の段差の発生等を防止するために、大型

かつ専用の高価な押さえ装置を必要とすることなく、簡易な最小限の大きさの押さえ治具を用いるのみでよく、押さえ装置への被接合部材のセットや取外し等に多大な労力と時間を要することがなくなる。

(2) 本摩擦攪拌接合中の前記被接合ラインの開き、段差の発生や仮付け部割れを確実に防止できるので、これらに起因して摩擦攪拌接合が不可能になったり、困難になったりすることを避けられるばかりでなく、バリの多発とそれに起因する充填メタル不足によるトンネル状欠陥、表面への仮付け部残り等の欠陥を発生させることなく、良好な接合部品質を得ることが可能となる。さらに、前記の条件を守りつつ、本接合工程の摩擦攪拌接合の始端と終端の各々から200mmまでの位置が仮付け部に含まれるように仮付けを行えば、摩擦攪拌接合による本接合工程の始端部と終端部の接合品質も良好に保たれ、上記のような効果がより大きなものになる。

【図面の簡単な説明】

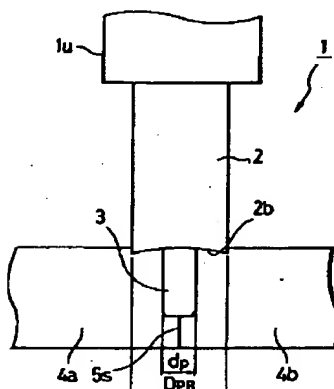
【図1】 本発明の摩擦攪拌接合方法に用いられる非消耗型のプロープの構成と被接合部材との関係の例を示す図である。

【図2】 本発明における仮付け部の寸法および位置関係の定義を示す平面図である。

【符号の説明】

- 1 プロープ
- 2 回転円筒体
- 2b 凹面形底面
- 3 攪拌ピン
- 4a 被接合部材
- 4b 被接合部材
- 5 被接合ライン
- 5s 被接合面
- 6 仮付け部
- 7 外側端

【図1】



【図2】

